

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Dřevěný záhradní altán

Wooden garden house

Student:

Martin Švaňa

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D.

Ostrava 2015

Zadání bakalářské práce

Student:	Martin Švaňa
Studijní program:	B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor:	3607R037 Konstrukce staveb
Téma:	Dřevěný zahradní altán Wooden garden house

Zásady pro vypracování:

- návrh konstrukce zahradního altánu;
- výpočet zatížení působícího na konstrukci;
- stanovení vnitřních sil na konstrukci;
- návrh a statický posudek řešené konstrukce;
- ochrana dřevěných prvků proti povětrnostním vlivům.

Seznam doporučené odborné literatury:

- 1) Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, ČNI, 12/2006 + Změna A1;
- 2) ČSN EN 1990 Eurokód: zásady navrhování konstrukcí, ČNI, 03/2004.
- 3) ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, ČNI, 03/2004.
- 4) ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, ČNI, 06/2005.
- 5) ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, ČNI, 04/2007.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D.

Datum zadání: 31.10.2014
Datum odevzdání: 04.05.2015

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som celú bakalársku prácu včetně príloh vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a uviedol som všetky použité podklady a literatúru.

V Ostrave

.....
podpis študenta

Prehlasujem, že

- bol som zoznámený s tým, že na moju bakalársku prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, predovšetkým § 35 – užitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školných predstavení a užitie diela školného a § 60 – školné dielo.
- beriem na vedomie, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB-TUO) má právo nezárobkovo k svojej vnútornej potrebe bakalársku prácu užiť (§ 35 odst. 3).
- súhlasím s tým, že jeden výtlačok bakalárskej práce bude uložený v Ústrednej knižnici VŠB-TUO k prezenčnému nahliadnutiu. Súhlasím s tým, že údaje o bakalárskej práci budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- bolo zjednané, že s VŠB-TUO, v prípade záujmu z jej strany, uzavriem licenčnú zmluvu s oprávnením užiť dielo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bolo zjednané, že užiť svoje dielo – bakalársku prácu alebo poskytnúť licenciu k jej využitiu môžu len so súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takomto prípade odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).
- beriem na vedomie, že odovzdaním svojej práce súhlasím so zverejnením svojej práce podľa zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, bez ohľadu na výsledok jej obhajoby.

V Ostrave

.....
podpis študenta

PodĎakovanie

PodĎakovanie patrí Ing. Kristýne Vavrušovej, Ph.D. za konzultácie, trpezlivý prístup, pomoc pri riešení problémov a odborné vedenie tejto bakalárskej práce.

Osobitné podĎakovanie patrí mojej rodine za podporu a priateľke Jane Seidlerovej za psychickú oporu a pomoc s formálnou úpravou práce.

Anotácia

Bakalárska práca sa zaoberá návrhom dreveného záhradného altánu. Obsahom práce je design altánu a následné vypracovanie statickej analýzy. Prevládajúcim konštrukčným materiálom je rastlé drevo. Statická analýza jednotlivých drevených prvkov a bezpečnostné riešenie konštrukcie sa vykonáva v súlade s platnými predpismi ČSN EN.

Kľúčové slová:

Drevený záhradný altánok, konštrukčné riešenie, statický návrh, ochrana dreva proti poveternostným vplyvom

Annotation

This bachelor thesis deals with design of wooden garden house. The content of this thesis is design of summerhouse and draft of static analysis. The predominant construction material is solid wood. The static analysis of the various wooden elements and security solution design is performed in accordance with valid standards ČSN EN.

Keywords:

Wooden garden summerhouse, structural design, static design, protection of wood against weather conditions

Obsah bakalárskej práce:

Zoznam použitých skratiek	- 9 -
1. Úvod.....	- 12 -
2. Konštrukčné riešenie.....	- 13 -
3. Materiálové charakteristiky	- 15 -
3.1 Rastlé drevo C24	- 15 -
3.2 Lepené lamelové drevo GL24h.....	- 16 -
4. Výpočet zaťaženia	- 17 -
4.1 Stále zaťaženie.....	- 17 -
4.2 Užité zaťaženie	- 18 -
4.3 Zaťaženie snehom	- 18 -
4.4 Zaťaženie vetrom	- 19 -
5. Návrh a posúdenie jednotlivých prvkov a spojov altánku	- 22 -
5.1 Krokva.....	- 22 -
5.2 Väznica	- 28 -
5.3 Stĺpiky v strešnej konštrukcii.....	- 30 -
5.4 Prievlak.....	- 31 -
5.5 Priečle.....	- 33 -
5.6 Lezecká stena	- 35 -
5.6.1 Late.....	- 35 -
5.6.2 Šikmý nosník.....	- 38 -
5.7 Schody	- 41 -
5.7.1 Schodišťové stupne	- 41 -
5.7.2 Schodnica	- 45 -
5.8 Pozdĺžny trám.....	- 48 -
5.9 Priečny trám	- 51 -
5.10 Stĺp	- 53 -
6. Ochrana drevených prvkov proti poveternostným vplyvom	- 55 -
6.1. Údržba drevostavieb	- 56 -
6.2 Abiotické vplyvy	- 56 -
6.3 Spôsoby ochrany dreva	- 57 -
6.4 Konštrukčná ochrana dreva	- 58 -
6.5 Nátery na ochranu dreva	- 58 -
6.5.1 Silnovrstvé a strednevrstvé lazúry	- 60 -

6.5.2 Tenkovrstvé lazúry	- 60 -
6.5.3 Krycie nátery	- 60 -
Koľko náterových hmôt bude potrebné.....	- 61 -
6.6 Poškodenie ostatnými vplyvmi	- 62 -
7. Záver	- 63 -
8. Zoznam použitej literatúry	- 64 -
9. Zoznam obrázkov	- 66 -
10. Zoznam príloh.....	- 67 -

Zoznam použitých skratiek

A	plocha prierezu prvku [m ²]
A_{ef}	účinná plocha prierezu prvku [m ²]
A_{osl}	plocha oslabeného prierezu prvku [m ²]
b	šírka prierezu prvku [m]
b_{ef}	efektívna šírka prierezu prvku [m]
C_e	súčiniteľ expozície [-]
C_t	tepelný súčiniteľ [-]
d	priemer spojovacieho prostriedku [mm]
e	excentricita [mm]
$E_{0.05}$	hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti rovnobežne s vláknami [MPa]
$F_{ax,Rk}$	charakteristická únosnosť osovo namáhaného spojovacieho prostriedku [kN]
$F_{v,Rk}$	charakteristická únosnosť priečne namáhaného spojovacieho prostriedku [kN]
F_x	sila pôsobiaca v smere osi x [kN]
F_z	sila pôsobiaca v smere osi z [kN]
$F_{tot,v}$	celkové vertikálne zaťaženie užívateľom [kN]
$F_{v,Ed}$	návrhová posúvajúca sila v spoji [kN]
$f_{m,k}$	charakteristická pevnosť dreva v ohybe [MPa]
$f_{m,d}$	návrhová pevnosť dreva v ohybe [MPa]
$f_{t,0,k}$	charakteristická pevnosť dreva v ťahu rovnobežne s vláknami [MPa]

$f_{t,90,k}$	charakteristická pevnosť dreva v ťahu kolmo na vlákna [MPa]
$f_{c,0,k}$	charakteristická pevnosť dreva v tlaku rovnobežne s vláknami [MPa]
$f_{c,90,k}$	charakteristická pevnosť dreva v tlaku kolmo na vlákna [MPa]
$f_{v,k}$	charakteristická pevnosť dreva v šmyku [MPa]
h	výška prierezu prvku [m]
i	polomer zotrvačnosti prierezu [mm]
I_v	súčiniteľ turbulencie vetra [-]
$I_{x,y,z}$	moment zotrvačnosti k danej ose [m ⁴]
k_{cr}	redukčný súčiniteľ [-]
k_c	súčiniteľ vzpernosti drevených konštrukcií [-]
k_y	súčiniteľ vzpernosti k ose y [-]
k_z	súčiniteľ vzpernosti k ose z [-]
k_{mod}	súčiniteľ zohľadňujúci vplyv trvania zaťaženia a vlhkosti [-]
l	dĺžka prvku [m]
g	tiažové zrýchlenie [m/s ²]
g_k	charakteristická hodnota stáleho zaťaženia [kN/m]
q_k	charakteristická hodnota užitočného zaťaženia [kN/m]
$q_{tot,v}$	celkové líniové zaťaženie užívateľom [kN/m]
s_k	charakteristická hodnota zaťaženia snehom [kN/m]
w_k	charakteristická hodnota zaťaženia vetrom [kN/m]
w_{inst}	okamžitý priehyb [mm]
w_{fin}	konečný priehyb [mm]
z_0	parameter drsnosti terénu [-]

z_{\min}	minimálna výška [m]
$W_{x,y,z}$	prierezový modul k danej ose [m ³]
M_{ED}	návrhový ohybový moment [kNm]
N_{ED}	návrhová normálová sila [kN]
V_{ED}	návrhová posúvajúca sila [kN]
α	sklon [°]
β	pomer medzi pevnosťami v otláčení prvku [-]
γ	hustota [kg/m ³]
γ_M	súčiniteľ vlastností materiálu [-]
$\sigma_{c,0,d}$	návrhové normálové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami [MPa]
$\sigma_{m,d}$	návrhové normálové napätie v prvku [MPa]
ρ_k	charakteristická hustota dreva [kg/m ³]
$\lambda_{rel,y,z}$	pomerný štíhlostný pomer odpovedajúci ohybu okolo danej osi [-]
λ_y	štíhlostný pomer odpovedajúci ohybu okolo osi y [-]
λ_z	štíhlostný pomer odpovedajúci ohybu okolo osi z [-]

1. Úvod

Altán je samostatne stojaca ľahká záhradná zastrešená stavba slúžiaca k odpočinku. Býva často nazývaný perlou záhrady. Ide o stavbu, pri ktorej sa vyžaduje väčší dôraz nielen na dokonalý výber umiestnenia, tzn. musí mať kľudný charakter, ale aj na to, aby sa prispôsobila typu domu a dobre sa začlenila do záhradnej kompozície. Veľkosť objektu samozrejme odpovedá priestorovým možnostiam pozemku.

Ako konštrukčný materiál na výstavbu altánu sa používa hlavne drevo. Drevo je prírodný materiál, ktorý človeka prevádza v celej jeho histórii. Má príjemný a teplý prírodný charakter a ako stavebný materiál má radu výhodných stavebno-fyzikálnych vlastností. Má vysokú pevnosť vzhľadom ku svojej hmotnosti, je ľahko spracovateľné, ľahko sa spojuje a je jedným z najdostupnejších obnoviteľných materiálov. Drevo má aj priaznivý vplyv na životné prostredie.

Cieľom bakalárskej práce je navrhnúť konštrukčné riešenie záhradného altánu. Altán má obdĺžnikový pôdorys a je zastrešený sedlovou strechou. Altán bude slúžiť pre rekreačnú činnosť.

Použitým materiálom bude najmä rastlé drevo a lepené lamelové drevo. Pre navrhnutú konštrukciu altánu bude realizovaný výpočet zaťaženia pôsobiaceho na konštrukciu a potom budú vykonané návrhy a posúdenie jednotlivých prvkov, spojov a kotvení. Jednotlivé prvky budú navrhnuté tak, aby vyhovovali medznému stavu únosnosti a medznému stavu použiteľnosti. Záver práce bude v znamení ochrany drevených prvkov proti poveternostným vplyvom.

Prvotné tvary a design altánu boli vykonané v programe ArchiCad 2017. Výpočet vnútorných síl, deformácií a obalových kriviek bol zrealizovaný v programe Scia Engineer 2014.

Pri tvorbe bakalárskej práce bolo uvažované, že navrhnutá konštrukcia bude zrealizovaná v Kysuckom Novom Meste na Slovensku.

2. Konštrukčné riešenie

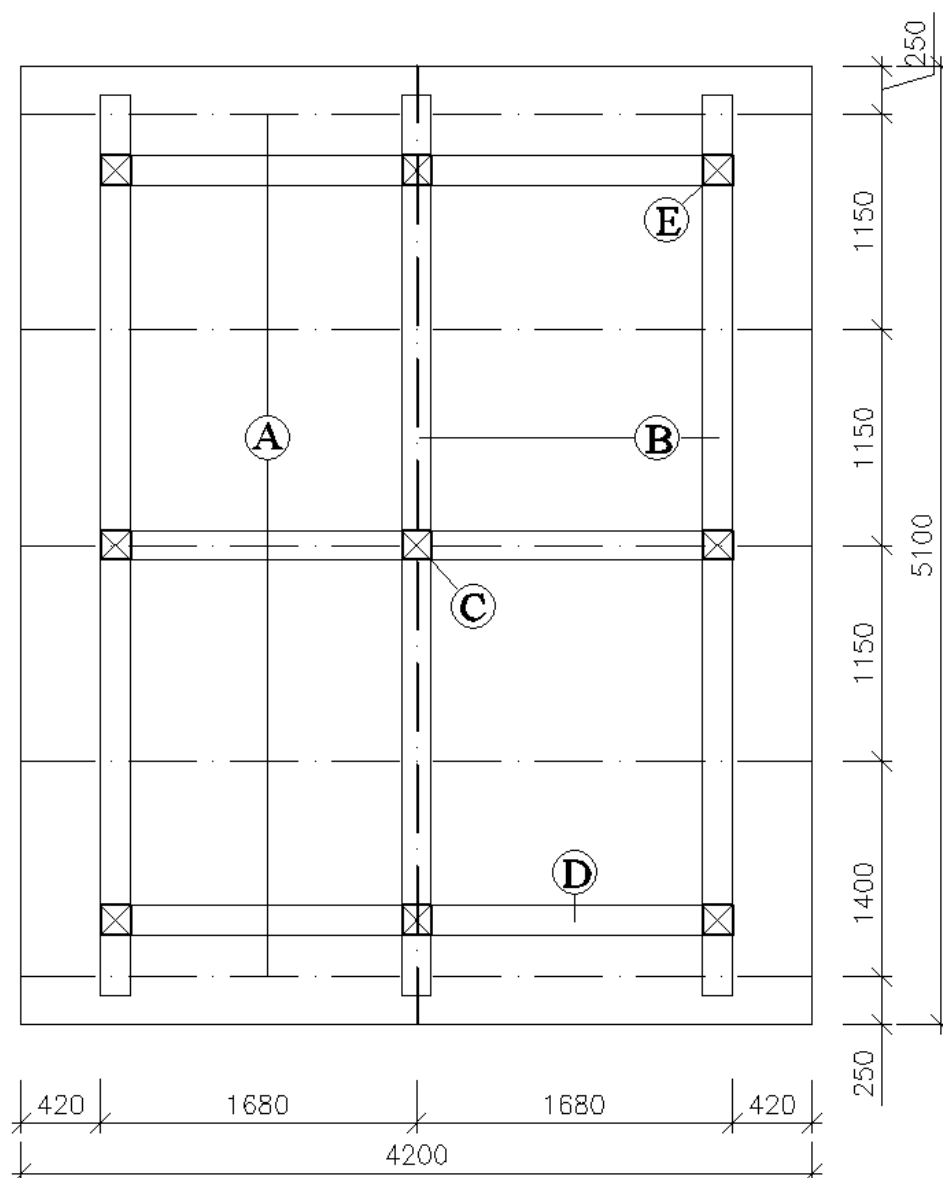
Ako nosná konštrukcia riešeného altánu je použitý systém stĺpov, ktoré sú ukotvené v betónovom základe, pomocou oceľových pätiiek od firmy Bova [13] (viď príloha č.14). Altánok má drevenú podlahu, ktorá je zdvihnutá na úroveň terénu o 1,5 m. Zvislé prvky (stĺpy) sú spojené trámami, na ktorých je uložená nosná konštrukcia podlahy – priečle. Zvýšená podlaha je opatrená zábradlím.

Altánok je obdĺžnikového pôdorysu o rozmeroch 4,0 a 3,2 m a je použitá sedlová konštrukcia zastrešenia. Pásky majú len dizajnový charakter a do výpočtu sa nezahrňujú.

Súčasťou altánku sú aj prvky ako: drevené schody a lezecká stena so šmykľavkou pre deti, na ktoré bude realizovaný výpočet.



Obr. 2.1: Vizualizácia altánku



Obr. 2.2: Pôdorys krovu

A krokvy

B väznice

C strešný stĺpik

D prievlak

E stĺp

3. Materiálové charakteristiky

Na záhradný altánok bolo použité rastlé smrekové drevo triedy pevnosti C24 a lepené lamelové drevo triedy pevnosti GL24h. Hodnoty vlastností a súčiniteľov boli prevzaté z tabuliek materiálových charakteristík, podľa ČSN EN73 2824-1 a ČSN EN 338.

3.1 Rastlé drevo C24

Charakteristické vlastnosti:

$$f_{m,k} = 24\text{MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14\text{MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21\text{MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,5\text{MPa}$$

$$f_{v,k} = 4,0\text{MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400\text{MPa}$$

$$\rho_k = 350\text{kg/m}^3$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Návrhové hodnoty:

$$f_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$$

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 14,77\text{MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{14}{1,3} = 8,62\text{MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{21}{1,3} = 12,92\text{MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5}{1,3} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{4,0}{1,3} = 2,46 \text{ MPa}$$

3.2 Lepené lamelové drevo GL24h

Charakteristické vlastnosti:

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,k} = 18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,g,k} = 5,5 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 4,0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,05} = 8800 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,k} = 380 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_M = 1,25$$

Návrhové hodnoty:

$$f_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$$

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

$$f_{m,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{18}{1,25} = 11,52 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{5,5}{1,25} = 3,52 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{4,0}{1,25} = 2,56 \text{ MPa}$$

4. Výpočet zaťaženia

Altán je namáhaný stálym, užitným zaťažením a zaťažením od snehu a vetra. Stálym zaťažením strechy je vlastná tiaž strešnej krytiny a jej nosných prvkov. Užitné zaťaženie je počítané pre strechy kategórie H – neprístupné s výnimkou bežnej údržby a opráv. Objekt je situovaný na Slovensku v Kysuckom Novom Meste. Pre túto oblasť platia podmienky pre snehovú oblasť kategórie V a veternú oblasť kategórie III. Výpočet jednotlivých zaťažení je v charakteristických hodnotách. Výpočet bol prevedený podľa noriem ČSN EN 1991-1-1[5], ČSN EN 1991-1-3[6] a ČSN EN 1991-1-4[7]. Všetky zaťaženia sú počítané na roznášajúcu šírku krokví 1,15 m. Jednotlivé zaťažovacie stavy boli vynásobené príslušnými súčiniteľmi a vznikli kombinácie, z ktorých boli spočítané obalové krivky vnútorných síl jednotlivých prvkov. Výpočet kombinácií bol prevedený v programe Scia Engineer 2014.

4.1 Stále zaťaženie

Stále zaťaženie pôsobiace na strešnú konštrukciu je od strešného plášťa a vlastnej tiaže jednotlivých prvkov. Strešný plášť sa skladá z fínskeho lepenkového šindľa, izolačnej fólie, a podbitia tatranským profilom. Vo výpočetnom modeli je stále zaťaženie umiestnené na krokviach, ktoré majú roznášaciu šírku 1,15 m.

Tab. 1: Stále zaťaženie strešnej konštrukcie

Typ zaťaženia	γ	Výpočet	Zaťaženie g_k [kN/m]
Fínsky lepenkový šindel	9 kg/m ²	9 · 1,15	0,1035
Tatranský profil 30 mm	350 kg/m ³	3,5 · 0,03 · 1,15	0,1207
Vlastná tiaž krokve 60 x 160 mm	350 kg/m ³	3,5 · 0,06 · 0,16	0,0336
Celkom			0,2578

Stále zaťaženie $g_k = 0,2578$ kN/m

4.2 Užiténé zaťaženie

Užitečné zaťaženie typu H - neprístupné strechy s výnimkou bežnej úpravy a opráv. Počítané podľa normy ČSN EN 1991-1-1 Obecné zaťaženia [5].

- | | |
|------------------------------|---|
| - charakteristické zaťaženie | $\Rightarrow q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$ |
| - roznášacia šírka krokví | $\Rightarrow 1,15 \text{ m}$ |

Výpočet:

$$q_k = 0,75 \cdot 1,15 = 0,8625 \text{ kN/m}$$

Užitečné zaťaženie $q_k = 0,8625 \text{ kN/m}$

4.3 Zaťaženie snehom

Snehová oblasť pre výpočet zaťaženia snehom je kategórie V. Typ okolnej krajiny je normálny. Pre danú strechu je potreba spočítať naviaty aj nenaviaty sneh. Roznášacia šírka krokví je 1,15 metra. Počítané podľa normy ČSN EN 1991-1-3 Zaťaženie snehom [6].

- | | |
|--|---|
| - snehová oblasť V | $\Rightarrow s_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ |
| - sklon strechy 25° | $\Rightarrow \mu_1 = 0,8$ |
| - súčiniteľ expozície - typ krajiny normálny | $\Rightarrow c_e = 1,0$ |
| - tepelný súčiniteľ | $\Rightarrow c_t = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| - roznášacia šírka | $\Rightarrow 1,15 \text{ m}$ |

Výpočet:

$$s_{k1} = s_k \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu_1 = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 2,3 \text{ kN/m}$$

$$s_{k2} = 0,5 \cdot s_{k1} = 1,15 \text{ kN/m}$$

Zaťaženie snehom $s_{k1} = 2,3 \text{ kN/m}$ a $s_{k2} = 1,15 \text{ kN/m}$

4.4 Zat'azenie vetrom

Počítané podľa kapitol 7.2.6 *Sedlové strechy* a 7.3. *Prístrešky* z normy ČSN EN 1991-1-4 Zat'azenie vetrom [7]. Veterná oblasť pre výpočet tohto zat'azenia je kategórie III a daný terén je kategórie III. Altán splňuje podmienku, že nemá trvalé steny a plocha otvorov v minimálne dvoch stranách fasády je viac ako 30 %. Prístrešok je prázdny a volne stojaci. Stupeň uzavretia ϕ je rovný nule. Pre výpočet jednotlivých charakteristických zat'azení tlaku a sania vetra bola strecha rozdelená na oblasti podľa pôsobenia vetra (Obr.4.1). Najskôr bol vypočítaný charakteristický maximálny dynamický tlak q_p a následne boli určené výsledné tlaky vetra na konštrukciu, podľa jej rozdelenia na oblasti vonkajšieho tlaku c_{pe} . Konštrukcia je symetrická, tak preto bolo uvažované len s pozdĺžnym a priečnym vetrom.

$$\text{- veterná oblasť III} \quad \Rightarrow v_{b,0} = 27,5 \text{ m/s}; c_{dir} = 1,00; c_{season} = 1,00$$

$$\text{- referenčné výšky } h = 4,75 \text{ m} \quad \Rightarrow z = z_e = z_i = h = 4,75 \text{ m}$$

$$\text{- terén kategórie III} \quad \Rightarrow z_0 = 0,3 \text{ m}; z_{min} = 5,0 \text{ m}; z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

$$z = 4,75 \text{ m} < z_{min} = 5,0 \text{ m}$$

Výpočet

- základná rýchlosť vetra

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season}$$

$$v_b = 27,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 27,5 \text{ m/s}$$

- súčiniteľ drsnosti

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,2154$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} = 0,2154 \cdot \ln \frac{4,75}{0,3} = 0,5950$$

- súčiniteľ ortografie

$$c_0(z) = 1,00$$

- charakteristická stredná rýchlosť vetra

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,5950 \cdot 1,00 \cdot 27,5 = 16,36 \text{ m/s}$$

- hustota vetru

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

- intenzita turbulencie

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln \frac{4,75}{0,3}} = 0,362$$

- maximálny charakteristický tlak

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = [1 + 7 \cdot 0,362] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 16,36^2 = 0,591 \text{ kN/m}^2$$

- roznášacia šírka krokví 1,15 m

$$q_p(z) = 0,591 \cdot 1,15 = 0,680 \text{ kN/m}$$

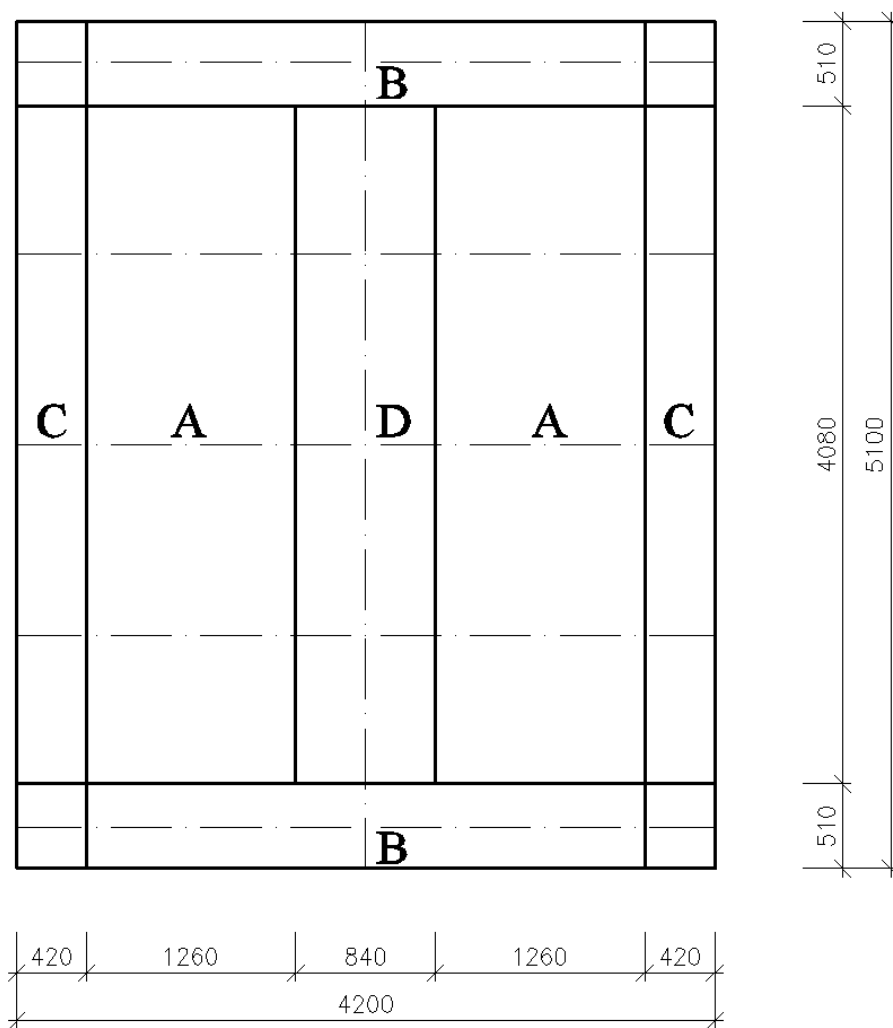
- súčiniteľ plnosti

$$\varphi = 0 \text{ (prázdne, voľne stojace prístrešky)}$$

Súčinitele výsledného tlaku $c_{p,net}$ pre dané oblasti:

- sklon strechy 25°

tlak	sanie
$c_{p,net}^{A+} = +1,2$	$c_{p,net}^{A-} = -1,4$
$c_{p,net}^{B+} = +1,9$	$c_{p,net}^{B-} = -1,9$
$c_{p,net}^{C+} = +1,6$	$c_{p,net}^{C-} = -1,4$
$c_{p,net}^{D+} = +0,5$	$c_{p,net}^{D-} = -2,0$



Obr. 4.1: Oblasti vetra

Výsledné tlaky a sanie vetra na strešnú konštrukciu

$$w_k = q_p(z) \cdot (c_{p,net}) = 0,680 \cdot (c_{p,net})$$

$$w_k^{A+} = 0,680 \cdot (c_{p,net}^{A+}) = 0,816 \text{ kN/m}$$

$$w_k^{A-} = 0,680 \cdot (c_{p,net}^{A-}) = -0,952 \text{ kN/m}$$

$$w_k^{B+} = 0,680 \cdot (c_{p,net}^{B+}) = 1,292 \text{ kN/m}$$

$$w_k^{B-} = 0,680 \cdot (c_{p,net}^{B-}) = -1,292 \text{ kN/m}$$

$$w_k^{C+} = 0,680 \cdot (c_{p,net}^{C+}) = 1,088 \text{ kN/m}$$

$$w_k^{C-} = 0,680 \cdot (c_{p,net}^{C-}) = -0,952 \text{ kN/m}$$

$$w_k^{D+} = 0,680 \cdot (c_{p,net}^{D+}) = 0,340 \text{ kN/m}$$

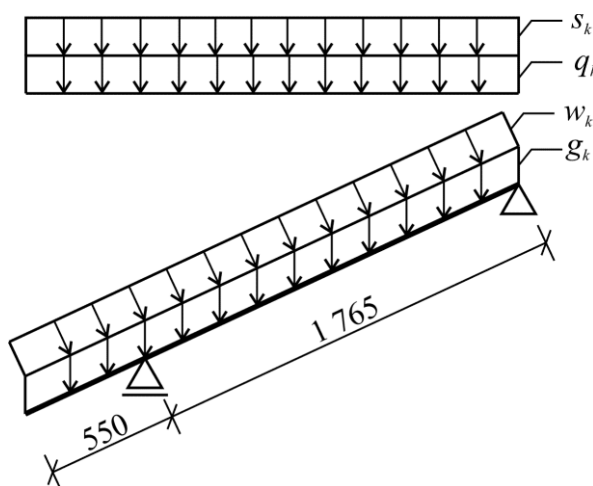
$$w_k^{D-} = 0,680 \cdot (c_{p,net}^{D-}) = -1,360 \text{ kN/m}$$

5. Návrh a posúdenie jednotlivých prvkov a spojov altánku

Pri navrhovaní a posudzovaní prvkov boli vybrané kombinácie s maximálnymi vnútornými silami. Maximálne vnútorné sily boli vzaté z obalových kriviek kombinácií jednotlivých zaťažovacích stavov, spočítaných v programe Scia Engineer 2014 (viď. prílohy). Posudok bol vykonaný pre prvý aj druhý medzný stav podľa normy ČSN EN 1995-1-1[2] a ďalších použitých zdrojov [3]. Altánok sa skladá z prvkov ako: krokvy, väznice, stĺpy, priečle, pozdĺžne a priečne trámy, schodnice, late, nosníky.

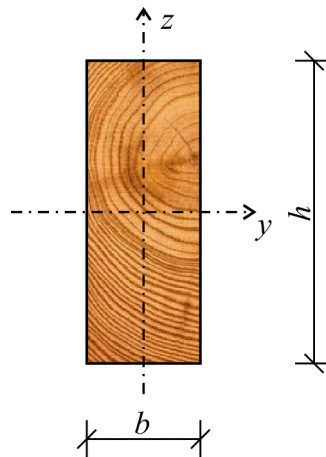
5.1 Krokva

Krokva je navrhnutá z rastlého dreva C24 prierezu 60/160 mm. Návrh a posudok bol realizovaný na krokvu nesúcu strešný plášť, zaťaženú užitným zaťažením, zaťažením vetrom snehom (viď. obr. 5.1). V mieste osedlania väznice je prierez krokvy oslabený. Zárez oslabí prierez o 40 mm. Excentricita normálovej sily vzhľadom k ťažisku oslabeného prierezu je 20 mm. Krokva bola posúdená v mieste najväčších ohybových momentoch a mieste oslabeného prierezu na prostý tlak, ohyb, šmyk a kombináciu ohybu a vzperného tlaku.



Obr. 5.1: Statická schéma krokve

Prierezové charakteristiky



Obr. 5.2: Prierez krokve

$$b = 60 \text{ mm}$$

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,06 \cdot 0,16 = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,06 \cdot 0,16^2 = 2,56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,16 \cdot 0,06^2 = 9,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$A_{osl} = b \cdot h_{osl} = 0,06 \cdot 0,12 = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_{y,osl} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h_{osl}^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,06 \cdot 0,12^2 = 1,44 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$I_{y,osl} = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h_{osl}^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,06 \cdot 0,12^3 = 8,64 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

Medzný stav únosnosti

- Posúdenie pre maximálny kladný moment v poli

- Vnútorne sily (viď príloha č.1)

$$M_{ED} = 1,29 \text{ kNm}$$

$$N_{ED} = -0,67 \text{ kN}$$

- Prostý tlak

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A} = \frac{0,67 \cdot 10^3}{9,6 \cdot 10^3} = 0,07 \text{ MPa} \leq f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Prostý ohyb

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = \frac{1,29 \cdot 10^3}{2,56 \cdot 10^{-4}} = 5,04 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Kombinácia vzperného tlaku a ohybového momentu

$$l = 1765 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l + 2 \cdot h$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{h \cdot l_{ef}} = \frac{0,78 \cdot 0,06^2 \cdot 7400}{0,16 \cdot (0,9 \cdot 1,765 + 2 \cdot 0,16)} = 68,05 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{68,05}} = 0,59$$

$$\text{pre } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{pre rastlé drevo})$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (0,59 - 0,3) + 0,59^2] = 0,70$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,70 + \sqrt{0,70^2 - 0,59^2}} = 0,93$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{5,04}{1 \cdot 14,77} \right)^2 + \frac{0,07}{0,93 \cdot 12,92} = 0,12 \leq 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Posúdenie na záporný moment v mieste osedlania na väznicu

- Vnútorne sily (vid'. príloha č.1)

$$M_y = -0,67 \text{ kNm}$$

$$N = 0,89 \text{ kN}$$

- Prostý tlak

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{osl}} = \frac{0,89 \cdot 10^3}{7,2 \cdot 10^3} = 0,12 \text{ MPa} \leq f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Prostý ohyb

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED} + N_{ed} \cdot e}{W_{y,osl}} = \frac{0,67 \cdot 10^3 + 0,89 \cdot 10^3 \cdot 0,02}{1,44 \cdot 10^{-4}} = 4,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 4,78 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Kombinácia osového tlaku a ohybu

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$k_m = 0,7 \quad (\text{pre obdĺžnikové prierezy})$$

$$\left(\frac{0,07}{12,92} \right)^2 + 0,7 \cdot \frac{5,04}{14,77} = 0,24 \leq 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Posúdenie na maximálnu normálovú silu v oslabenom priereze

- Vnútorne sily (vid'. príloha č.1)

$$N_{ED} = 3,01 \text{ kN}$$

$$M_{ED} = -0,67 \text{ kNm}$$

- Prostý tlak

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{osl}} = \frac{3,01 \cdot 10^3}{7,2 \cdot 10^3} = 0,42 \text{ MPa} \leq f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Prostý ohyb

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED} + N_{ed} \cdot e}{W_{y,osl}} = \frac{0,67 \cdot 10^3 + 2,12 \cdot 10^3 \cdot 0,02}{1,44 \cdot 10^{-4}} = 4,95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 4,95 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Kombinácia osového tlaku a ohybu

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$k_m = 0,7 \quad (\text{pre obdĺžnikové prierezy})$$

$$\left(\frac{0,29}{12,92} \right)^2 + 0,7 \cdot \frac{4,95}{14,77} = 0,23 \leq 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Posúdenie na maximálnu posúvajúcu silu v oslabenom priereze

- Vnútorne sily (vid'. príloha č.1)

$$V_{ED} = 6,45 \text{ kN}$$

- Šmyk

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot A_{osl}} = \frac{3 \cdot 6,45 \cdot 10^3}{2 \cdot 7,2 \cdot 10^3} = 1,34 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Medzný stav použiteľnosti

Maximálne hodnoty priehybov od jednotlivých zaťažovacích stavov boli vypísané z programu Scia Engineer 2014. Z nich sa potom spočítal celkový okamžitý a konečný priehyb.

- Okamžitý priehyb

$$w_{inst,G} = 0,7 \text{ mm}$$

$$w_{inst,S} = 1,7 \text{ mm}$$

$$w_{inst,W} = 1,4 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,S} + \psi_{0,W} \cdot w_{inst,W} = 0,7 + 1,7 + 0,6 \cdot 1,4 = 3,24 \text{ mm}$$

- dĺžka krokve – 2300 mm

$$w_{inst} \leq \frac{L}{300} = \frac{2300}{300} = 7,67 \text{ mm}$$

$$3,24 \text{ mm} \leq 7,67 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Konečný priehyb (trieda provozu 3 - $k_{def} = 2,0$)

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 0,7 \cdot (1 + 2,0) = 2,1 \text{ mm}$$

$$w_{fin,S} = w_{inst,S} \cdot (1 + \psi_{2,S} \cdot k_{def}) = 1,7 \cdot (1 + 0 \cdot 2,0) = 1,7 \text{ mm}$$

$$w_{fin,W} = w_{inst,W} \cdot (\psi_{0,W} + \psi_{2,W} \cdot k_{def}) = 1,4 \cdot (0,6 + 0 \cdot 2,0) = 0,84 \text{ mm}$$

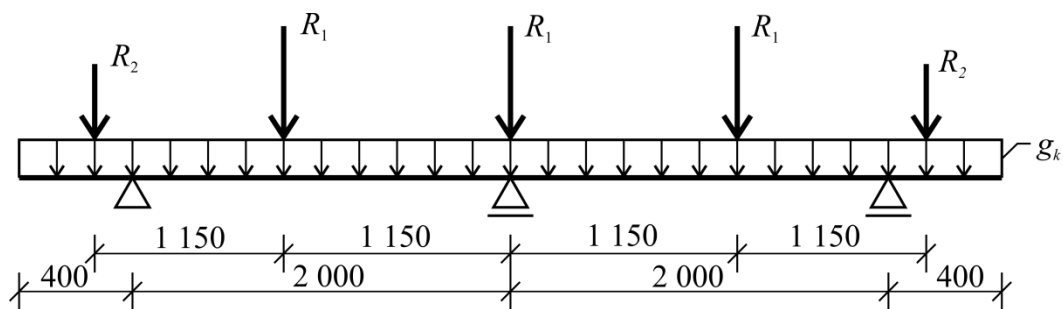
$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,S} + w_{fin,W} = 2,1 + 1,7 + 0,84 = 3,66 \text{ mm}$$

$$w_{fin} \leq \frac{L}{250} = \frac{2300}{250} = 9,2 \text{ mm}$$

$$3,66 \text{ mm} \leq 9,2 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

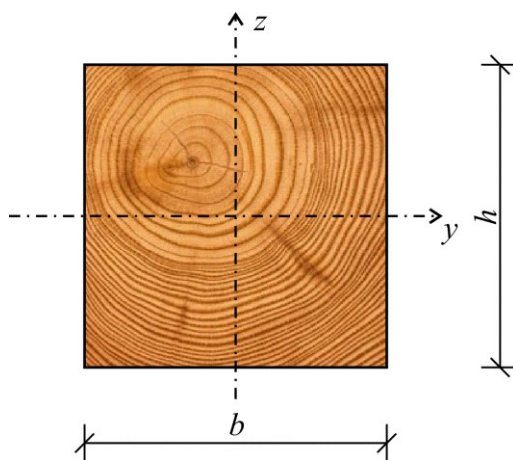
5.2 Vážnica

Vážnica je navrhnutá ako spojitý nosník z rastlého dreva C24 prierezu 160/160 mm o dvoch poliach s previslými koncami a je zaťažená reakciami od krokiev (viď obr. 5.3). Podpory sú tvorené strešnými stĺpikmi. Vážnica je namáhaná hlavne ohybovými momentmi a posúvajúcimi silami.



Obr. 5.3: Statická schéma vážnice

Prierezové charakteristiky



Obr. 5.4: Prierez vážnice

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,16 \cdot 0,16 = 25,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,16 \cdot 0,16^2 = 6,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

- **Vnútorné sily** (vid'. príloha č.2)

$$M_{ED} = 2,62 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 11,87 \text{ kN}$$

Medzný stav únosnosti

- **Únosnosť v ohybe**

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = \frac{2,62 \cdot 10^3}{6,83 \cdot 10^{-4}} = 3,84 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Únosnosť v šmyku**

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 160 = 107,2 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h} = \frac{3 \cdot 11,87 \cdot 10^3}{2 \cdot 107,2 \cdot 160} = 1,04 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Medzný stav použiteľnosti

Maximálne hodnoty priehybov od jednotlivých zaťažovacích stavov boli vypísané z programu Scia Engineer 2014. Z nich sa potom spočítal celkový okamžitý a konečný priehyb.

- **Okamžitý priehyb**

$$w_{inst} = 1,0 \text{ mm}$$

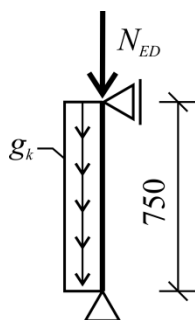
- dĺžka väznice – 4800 mm

$$w_{inst} \leq \frac{L}{300} = \frac{4800}{300} = 16,0 \text{ mm}$$

$$1,0 \text{ mm} \leq 16,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

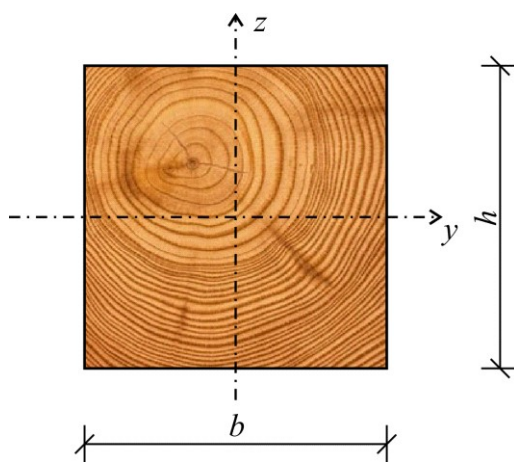
5.3 Stĺpiky v strešnej konštrukcii

Stĺpiky sú navrhnuté z rastlého dreva C24 prierezu 160/160 mm. Stĺpiky sú zaťažené od reakcií z väzníc (viď. obr. 5.5). Posudok bol realizovaný na maximálne normálové sily. Pomer šírky a výšky stĺpikov v strešnej konštrukcii je malý, takže vzper nenastane. Deformácie na stĺpikoch boli veľmi malé. Prvok teda vyhovuje aj na medzný stav použiteľnosti.



Obr. 5.5: Statická schéma stĺpika

Prierezové charakteristiky



Obr. 5.6: Prierez stĺpika

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,16 \cdot 0,16 = 25,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,16 \cdot 0,16^2 = 6,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

- **Vnútorne sily** (vid'. príloha č.3)

$$N_{ED} = 12,20 \text{ kN}$$

Medzný stav únosnosti

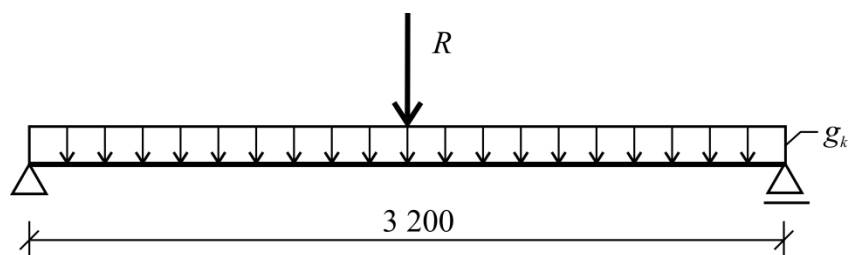
- **Únosnosť v tlaku**

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A} = \frac{12,20 \cdot 10^3}{25,6 \cdot 10^{-3}} = 0,48 \text{ MPa} \leq f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

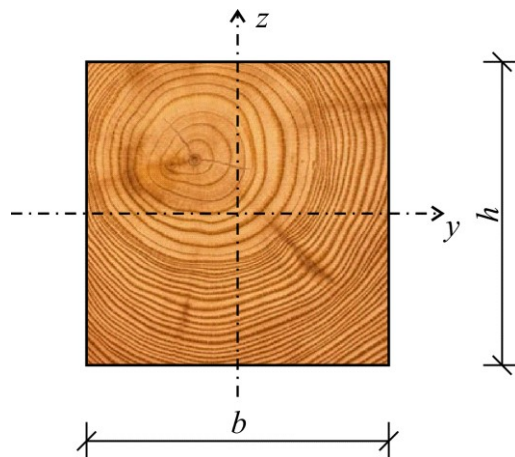
5.4 Prievlak

Prievlak je navrhnutý ako spojitý nosník z lepeného lamelového dreva GL24h prierezu 160/160 mm o jednom poli. Zaťažený je bodovou silou od reakcie zo strešného stĺpika (vid'. obr. 5.7)



Obr. 5.7: Statická schéma prievlaku

Prierezové charakteristiky



Obr. 5.8: Prierez prievlaku

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,16 \cdot 0,16 = 25,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,16 \cdot 0,16^2 = 6,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

- **Vnútorne sily** (vid'. príloha č.4)

$$M_{ED} = 9,88 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 12,20 \text{ kN}$$

Medzný stav únosnosti

- **Únosnosť v ohybe**

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,g,d}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = \frac{9,88 \cdot 10^3}{6,83 \cdot 10^{-4}} = 14,47 \text{ MPa} \leq f_{m,g,d} = 15,36 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Únosnosť v šmyku**

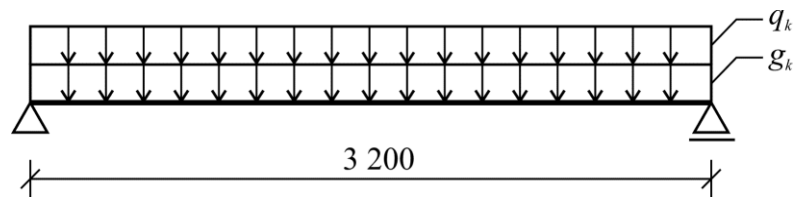
$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 160 = 107,2 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,g,d}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h} = \frac{3 \cdot 12,20 \cdot 10^3}{2 \cdot 107,2 \cdot 160} = 1,09 \text{ MPa} \leq f_{v,g,d} = 2,56 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

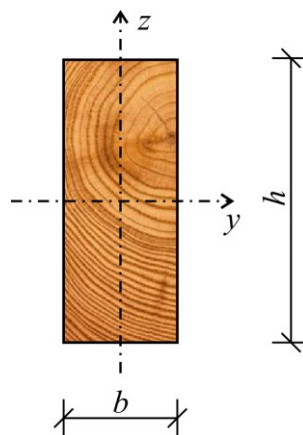
5.5 Priečle

Plošina je tvorená z fošien, ktoré sú osadené na priečle, a tie sú následne upevnené na pozdĺžne trámy. Priečle sú navrhnuté z rastlého dreva C24 prierezu 60/150 mm. Počítané bolo so zaťažením, kde sa počet ľudí rozloží na plošné zaťaženie. Roznášacia šírka priečlí je 0,5 m. Samotná fošna musí byť schopná preniesť bodovú silu ekvivalentnú jednému užívateľovi.



Obr. 5.9: Statická schéma priečlí

Prierezové charakteristiky



Obr. 5.10: Prierez priečlí

$$b = 60 \text{ mm}$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,06 \cdot 0,15 = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,06 \cdot 0,15^2 = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

- Stále zat'azenie:

Tab. 2: Stále zat'azenie konštrukcie podlahy

Typ zat'azenia	γ [kN/m ³]	Výpočet	Zat'azenie g_k [kN/m]
Fošny 40 mm	350	$3,5 \cdot 0,04 \cdot 0,5$	0,0700
Vlastná tiaž priečle 60 x 160 mm	350	$3,5 \cdot 0,06 \cdot 0,15$	0,0315
Celkom			0,1015

Stále zat'azenie $g_k = 0,1015$ kN/m.

- Užitné zat'azenie:

Užitné zat'azenie kategórie C – plochy, kde môže dochádzať k zhromažďovaniu ľudí. Počítané podľa normy ČSN EN 1991-1-1 Obecné zat'azenia [5].

- charakteristické zat'azenie $\Rightarrow q_k = 3,0$ kN/m²
- roznášacia šírka priečlí $\Rightarrow 0,5$ m

Výpočet:

$$q_k = 3,0 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ kN/m}$$

Užitné zat'azenie $q_k = 1,5$ kN/m.

Medzný stav únosnosti

- Vnútorne sily (viď príloha č.5)

$$M_{ED} = 3,11 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 3,89 \text{ kN}$$

-Únosnosť v ohybe

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = \frac{3,11 \cdot 10^3}{2,25 \cdot 10^{-4}} = 13,82 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Únosnosť v šmyku

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 60 = 40,2 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

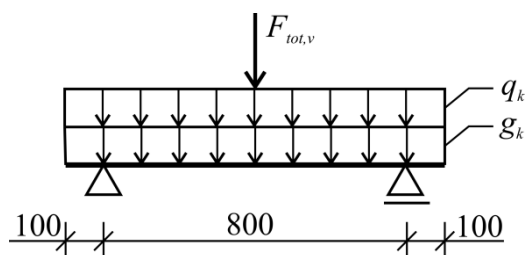
$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h} = \frac{3 \cdot 3,89 \cdot 10^3}{2 \cdot 40,2 \cdot 150} = 0,97 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.6 Lezecká stena

Lezecká stena sa skladá so šikmých nosníkov, na ktorých sú upevnené late. Na laticach sú upevnené lezecké chyty (viď. príloha č.13).

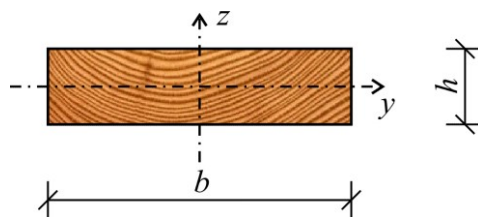
5.6.1 Late

Late sú navrhnuté z rastlého dreva C24 prierezu 160/45 mm. Late na stene budú posudzované na dvojsoj ohyb. Predstavujú nosníky s previslými koncami. Late sú uchytené oceľovými vrutmi na šikmé podporné nosníky. Posudok je zameraný na lokálny účinok sily jedného užívateľa stojaceho uprostred late, pretože táto situácia predstavuje najhorší možný stav (viď. obr. 5.11)



Obr. 5.11: Statická schéma latic

Prierezové charakteristiky



Obr. 5.12: Prierez latic

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$h = 45 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,16 \cdot 0,045 = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

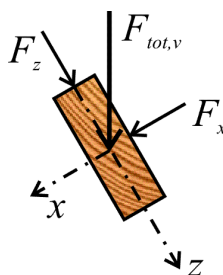
$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,16 \cdot 0,045^2 = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,045 \cdot 0,16^2 = 1,92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

- Výpočet zaťaženia:

Bolo počítané s bodovou silou jedného užívateľa, ktorá spôsobí najväčší ohybový moment na jednu lať. Podľa literatúry [4] je bodová sila jedného užívateľa $F_{tot,v,k} = 1,391 \text{ kN}$.

Vertikálne zaťaženie $F_{tot,v}$ sa rozloží do lokálnych os prvku na zložky F_z a F_x , ako je znázornené na obr. 5.13.



Obr. 5.13: Rozloženie vertikálnej sily

- Rozloženie sily $F_{tot,v}$ na zložky F_z a F_x :

$$\alpha = 60^\circ$$

$$F_x = F_{tot,v} \cdot \cos(\alpha) = 1,391 \cdot \cos(60^\circ) = 0,69 \text{ kN}$$

$$F_z = F_{tot,v} \cdot \sin(\alpha) = 1,391 \cdot \sin(60^\circ) = 1,20 \text{ kN}$$

Medzný stav únosnosti

- Vnútorné sily (vid' príloha č.6)

$$M_{ED,x} = 0,21 \text{ kNm}$$

$$M_{ED,z} = 0,36 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 2,12 \text{ kN}$$

-Únosnosť v ohybe

$$\sigma_{m,d,x} + \sigma_{m,d,z} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,d,x} = \frac{M_{ED,x}}{W_x} = \frac{0,21 \cdot 10^3}{5,4 \cdot 10^{-5}} = 3,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,z} = \frac{M_{ED,z}}{W_z} = \frac{0,36 \cdot 10^3}{1,92 \cdot 10^{-4}} = 1,88 \text{ MPa}$$

$$3,98 + 1,88 = 5,77 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Únosnosť v šmyku

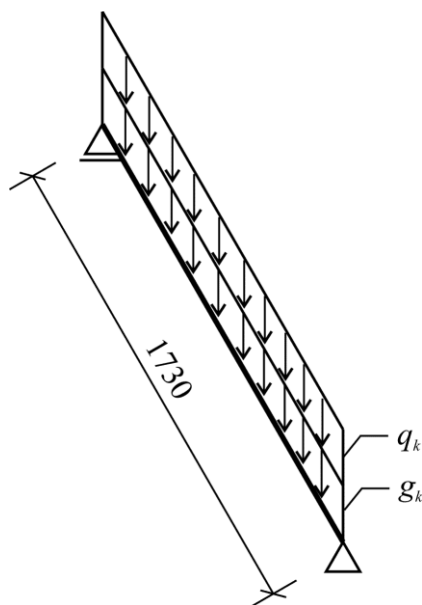
$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 45 = 30,2 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h} = \frac{3 \cdot 2,12 \cdot 10^3}{2 \cdot 30,2 \cdot 160} = 0,66 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

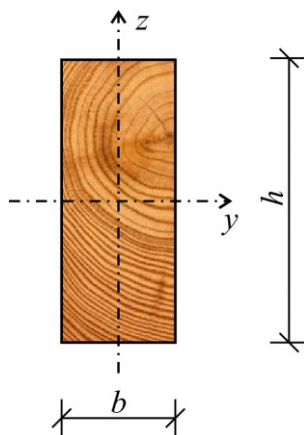
5.6.2 Šikmý nosník

Šikmý podporný nosník je navrhnutý z rastlého dreva C24 prierezu 60/150 mm. Zaťaženie deňmi bolo počítané ako líniové. Posúdený bude na kombináciu tlaku a ohybu.



Obr. 5.14: Statická schéma podporného nosníka

Prierezové charakteristiky



Obr. 5.15: Prierez nosníka

$$b = 60 \text{ mm}$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,06 \cdot 0,15 = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,06 \cdot 0,15^2 = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,15 \cdot 0,06^2 = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

- **Maximálny počet detí na stene:**

$$n = \frac{l_{pr}}{0,6} = \frac{0,87}{0,6} = 1,45 \cong 2 \text{ deti}$$

l_{pr} dĺžka prvku premietnutá do horizontálnej roviny [m]

- **Výpočet váhy detí a celkovej sily:**

$$G_n = n \cdot m + 1,64 \cdot \sigma \cdot \sqrt{n} = 2 \cdot 53,8 + 1,64 \cdot 9,6 \cdot \sqrt{2} = 129,87 \text{ kg}$$

$$C_{Dyn} = 1 + \frac{1}{n} = 1 + \frac{1}{2} = 1,5$$

n počet detí [-]

m stredná hmotnosť dieťaťa [kg]

σ smerodatná odchylka príslušnej vekovej skupiny [kg]

C_{Dyn} dynamický súčiniteľ [-]

$$F_{tot,v,k} = G_n \cdot C_{dyn} \cdot g = 129,87 \cdot 1,5 \cdot 10 = 1948,05 \text{ N} = 1,95 \text{ kN}$$

- Celková sila $F_{tot,v,k}$ sa rozloží na celú dĺžku nosníka na líniové zaťaženie $q_{tot,v,k}$:

$$q_{tot,v,k} = \frac{F_{tot,v,k}}{l_{pr}} = \frac{1,95}{0,87} = 2,24 \text{ kN/m}$$

Medzný stav únosnosti

- **Vnútorne sily** (viď príloha č.7)

$$N_{ED} = -1,56 \text{ kN}$$

$$M_{ED} = -0,30 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 0,90 \text{ kN}$$

- Maximálne normálové napätie v tlaku na nosníku

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A} = \frac{1,56 \cdot 10^3}{9,0 \cdot 10^3} = 0,17 \text{ MPa} \leq f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Maximálne normálové napätie za ohybu prvku

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = \frac{0,30 \cdot 10^3}{2,25 \cdot 10^{-4}} = 1,33 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Kombinácia vzperného tlaku a ohybového momentu

$$l = 1730 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l + 2 \cdot h$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{h \cdot l_{ef}} = \frac{0,78 \cdot 0,06^2 \cdot 7400}{0,15 \cdot (0,9 \cdot 1,73 + 2 \cdot 0,15)} = 74,60 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{74,60}} = 0,57$$

$$\text{pre } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{pre rastlé drevo})$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (0,57 - 0,3) + 0,57^2] = 0,69$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,69 + \sqrt{0,69^2 - 0,57^2}} = 0,93$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{1,33}{1 \cdot 14,77} \right)^2 + \frac{0,17}{0,93 \cdot 12,92} = 0,02 \leq 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Únosnosť v šmyku

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 60 = 40,2 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

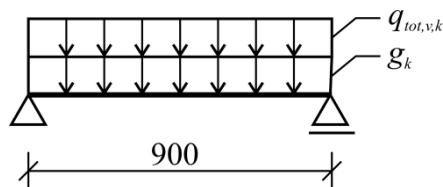
$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h} = \frac{3 \cdot 0,90 \cdot 10^3}{2 \cdot 40,2 \cdot 150} = 1,22 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

5.7 Schody

Konštrukcia schodov sa skladá zo schodišťových stupňov pripojených na schodnice.

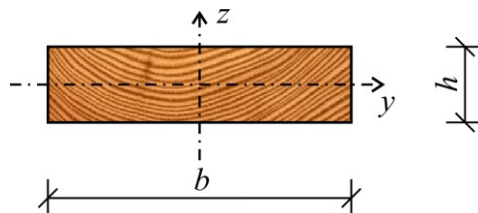
5.7.1 Schodišťové stupne

Schodišťové stupne sú navrhnuté z rastlého dreva C24 prierezu 160/45 mm. Sú riešené ako spojitý nosník. Jednotlivé stupne sú spojené so schodnicami oceľovými vrutmi.



Obr. 5.16: Statická schéma schod. stupňa

Prierezové charakteristiky



Obr. 5.17: Prierez schod. stupňa

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$h = 45 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,16 \cdot 0,045 = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,16 \cdot 0,045^2 = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

- Maximálny počet ľudí na schodišti:

$$l = l_{pr} = 1,5 \text{ m}$$

$$n = \frac{l_{pr}}{0,6} = 2,5 \cong 3$$

- Výpočet váhy ľudí a celkovej sily:

$$G_n = n \cdot m = 3 \cdot 100 = 300 \text{ kg}$$

$$C_{dyn} = 1 + \frac{1}{n} = 1 + \frac{1}{3} = 1,333$$

$$F_{tot,v,k} = G_n \cdot C_{dyn} \cdot g = 300 \cdot 1,333 \cdot 10 = 4000 \text{ N} = 4,0 \text{ kN}$$

- Celková sila $F_{tot,v,k}$ sa rozloží do dĺžky schod. stupňa na líniové zaťaženie $q_{tot,v,k}$

:

$$q_{tot,v,k} = \frac{F_{tot,v,k}}{l_{pr}} = \frac{4,0}{1,5} = 2,67 \text{ kN/m}$$

Medzný stav únosnosti

- Vnútorne sily (vid'. príloha č.8)

$$M_{ED} = 0,33 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 1,45 \text{ kN}$$

-Únosnosť v ohybe

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = \frac{0,33 \cdot 10^3}{5,4 \cdot 10^{-5}} = 6,11 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Únosnosť v šmyku

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 160 = 80,4 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h} = \frac{3 \cdot 1,45 \cdot 10^3}{2 \cdot 107,2 \cdot 45} = 0,45 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Posúdenie prípoja schodišťového stupňa na schodnicu:

Použité boli ocel'ové drážkované skrutkové spojovacie prostriedky. Dva spoje na každé pripojenie schodišťového stupňa ku schodnici (viď. obr. 5.18). Spoj bude namáhaný priečnym zaťažením k spojovaciemu prostriedku silou V_{ED} od schodišťového stupňa.

Skrutky $d = 8 \text{ mm}$. Dĺžka skrutiek je 130 mm a budú pre priečnu únosnosť počítané ako svorníkové spoje s predvrtanými otvormi.

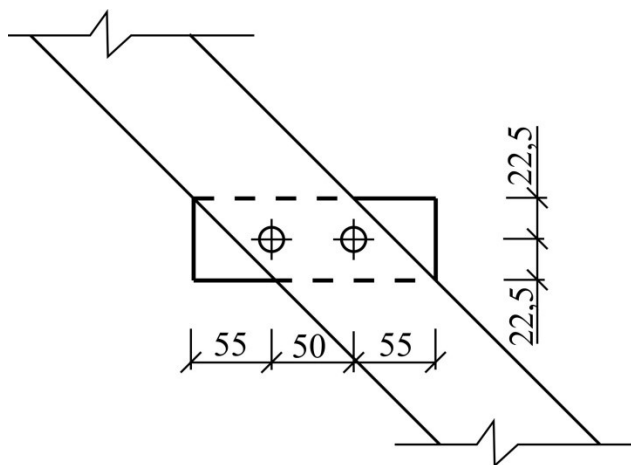
- Charakteristická pevnosť otláčenia dreva:

$$f_{h,1,k} = f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) \cdot 350 = 26,404 \text{ MPa}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{k,1,k}} = \frac{26,404}{26,404} = 1$$

- Plastický moment únosnosti skrutky:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 360 \cdot 8^{2,6} = 24068 \text{ N/mm}$$



Obr. 5.18: Spoj schod. stupňa ku schodnici

- pre spojovacie prostriedky jednostrizne namáhané:

$$F_{v,Rk} = \min \left(\begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta \cdot 2 \cdot \beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right)$$

Podľa vyššie uvedených hodnôt sa počítala charakteristická únosnosť priečne namáhaného spoja. Hodnota $\frac{F_{ax,Rk}}{4} = 0$.

Charakteristická únosnosť priečne namáhaného spoja:

$$F_{v,Rk,min} = 3558 \text{ N} = 3,6 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 3,6}{1,3} = 2,21 \text{ kN}$$

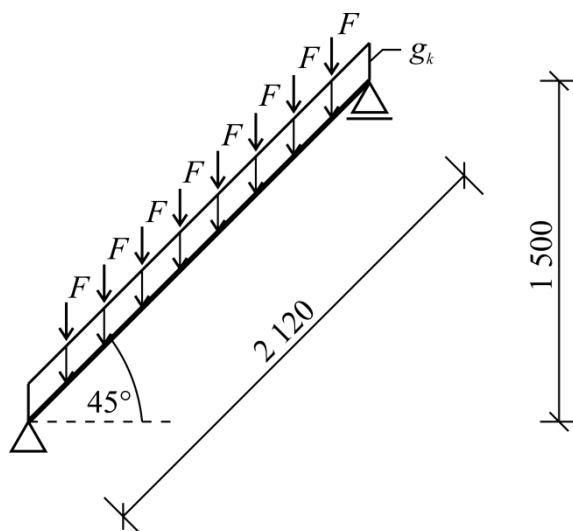
Posudok spoja:

$$\frac{F_{v,Ed}}{2 \cdot F_{v,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{1,45}{2 \cdot 2,21} = 0,33 \leq 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

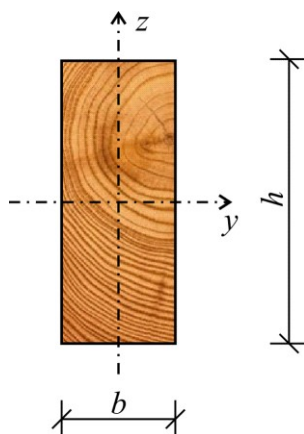
5.7.2 Schodnica

Schodnice sú navrhnuté z rastlého dreva C24 prierezu 60/150 mm. Sú tvorené dvoma šikmými nosníkmi. Schodnica je zaťažená lokálnymi silami zo schodišťových stupňov (viď obr. 5.19). Prvok bude posúdený na kombináciu tlaku a ohybu a na šmykové namáhanie.



Obr. 5.19: Statická schéma schodnice

Prierezové charakteristiky



Obr. 5.20: Prierez schodnice

$$b = 60 \text{ mm}$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,06 \cdot 0,15 = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,06 \cdot 0,15^2 = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,15 \cdot 0,06^2 = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,06 \cdot 0,15^3 = 1,69 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,15 \cdot 0,06^3 = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

Medzný stav únosnosti

- **Vnútorne sily** (vid'. príloha č.9)

$$M_{ED} = -2,39 \text{ kNm}$$

$$N_{ED} = -5,25 \text{ kN}$$

$$V_{ED} = 5,25 \text{ kN}$$

- **Maximálne normálové napätie v tlaku na nosníku**

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A} = \frac{5,25 \cdot 10^3}{9,0 \cdot 10^3} = 0,58 \text{ MPa} \leq f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Maximálne normálové napätie za ohybu prvku**

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = \frac{2,39 \cdot 10^3}{2,25 \cdot 10^{-4}} = 10,62 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Kombinácia vzperného tlaku a ohybového momentu**

$$l = 2120 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l + 2 \cdot h$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{h \cdot l_{ef}} = \frac{0,78 \cdot 0,06^2 \cdot 7400}{0,15 \cdot (0,9 \cdot 2,12 + 2 \cdot 0,15)} = 62,74 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{62,74}} = 0,62$$

$$\text{pre } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \Rightarrow k_{crit} = 1$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{pre rastlé drevo})$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (0,62 - 0,3) + 0,62^2] = 0,72$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,72 + \sqrt{0,72^2 - 0,62^2}} = 0,92$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{10,62}{1,14,77} \right)^2 + \frac{0,58}{0,92 \cdot 12,92} = 0,57 \leq 1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Únosnosť v šmyku

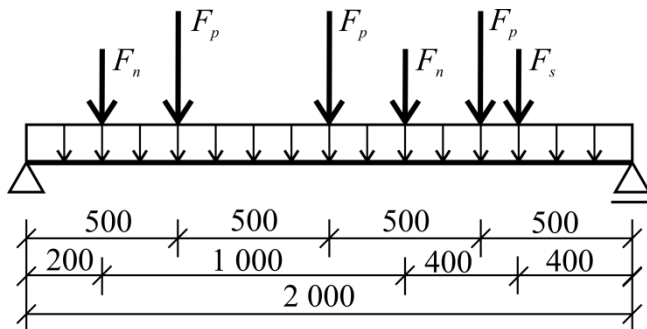
$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 60 = 40,2 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h} = \frac{3 \cdot 5,25 \cdot 10^3}{2 \cdot 40,2 \cdot 150} = 1,31 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

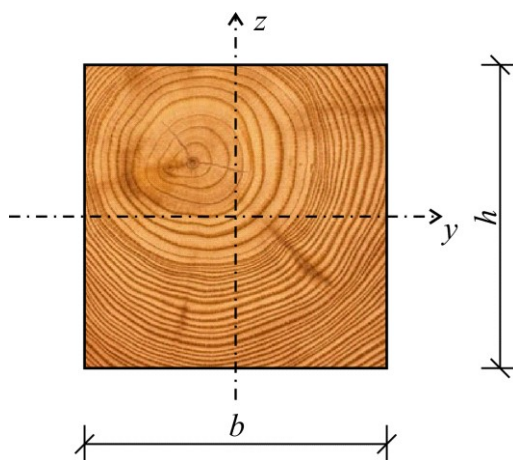
5.8 Pozdĺžny trám

Pozdĺžny trám je navrhnutý ako spojitý nosník z rastlého dreva C24 prierezu 160/160 mm o jednom poli. Zaťažený je reakciami od priečlí, šikmých nosníkov a šmýkľavky (viď. obr. 5.21).



Obr. 5.21: Statická schéma pozdĺžneho trámu

Prierezové charakteristiky



Obr. 5.22: Prierez trámu

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,16 \cdot 0,16 = 25,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,16 \cdot 0,16^2 = 6,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

- **Vnútorne sily** (viď príloha č.10)

$$M_{ED} = 4,98 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 8,13 \text{ kN}$$

Medzný stav únosnosti

-**Únosnosť v ohybe**

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = \frac{4,98 \cdot 10^3}{6,83 \cdot 10^{-4}} = 7,29 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 15,36 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- **Únosnosť v šmyku**

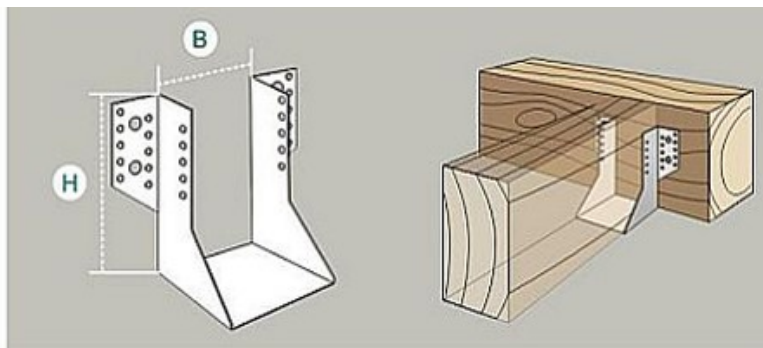
$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 160 = 107,2 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h} = \frac{3 \cdot 8,13 \cdot 10^3}{2 \cdot 107,2 \cdot 160} = 0,71 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

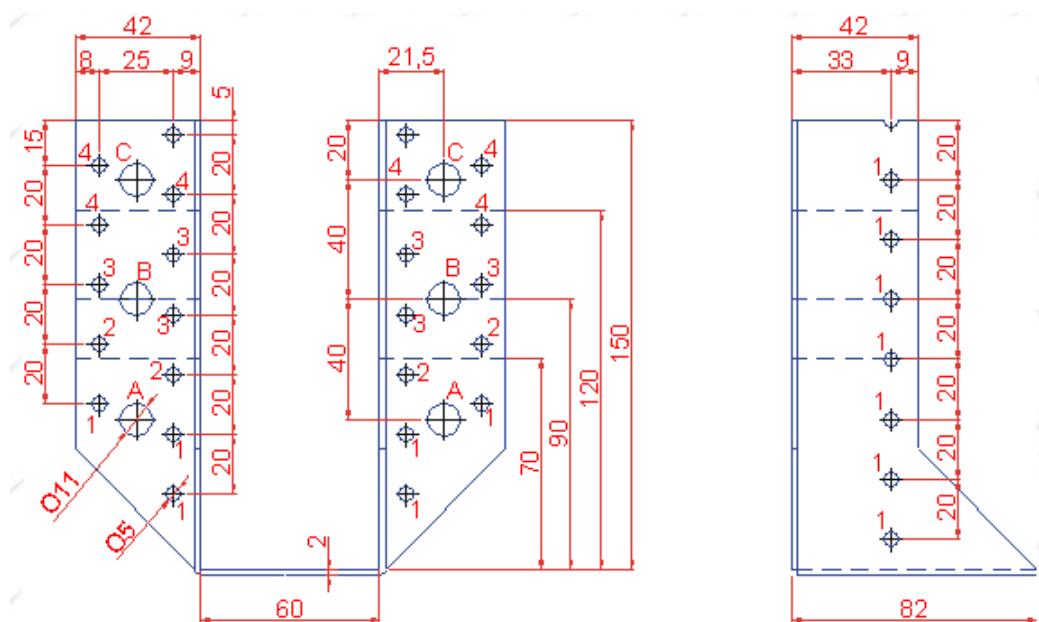
- **Posúdenie prípoja priečle na pozdĺžny trám:**

Na spoj priečle s trámom sú navrhnuté strmene BV/T – 60 (viď obr. 5.23) od firmy Bova (Zdroj: [13]).



Obr. 5.23: Strmeň BV/T (Zdroj: [11])

- hrúbka plechu 2,0 mm
- šírka 60 mm
- výška 150 mm
- otvory 1,2,3,4: $\phi 5,0$ mm
- spojovacie prostriedky: konvexný klinec BV/KH $\phi 4,0 \times 50$ mm



Obr. 5.24: Detail strmeňa BV/T – 60 (Zdroj: [11])

V tomto prípade je rozhodujúca strihová únosnosť klinecov. Z počtu klinecov v jednotlivých pozíciách dostávame klinecovú únosnosť F_{HR} .

osadené pozície	výška B mm	počet KL ks	F_{HR} kN
1	70	4 6	2,84 4,26
1,2	90	10	7,10
1,2,3	120	14 16	9,94 11,36
1,2,3,4	150	20 22	14,20 15,62

Obr. 5.25: Stanovenie únosnosti klinecov F_{HR} podľa počtu klinecov (Zdroj: [11])

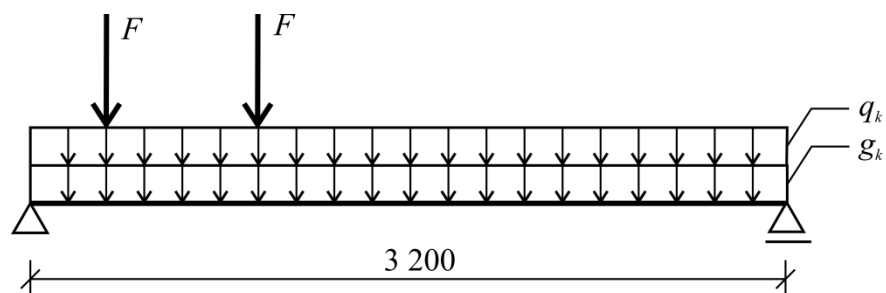
- Výsledná sila na spoj: $F_{V,ED} = 3,81$ kN

- Návrh: 10 klinecov BV/KH $\phi 4,0 \times 50$ mm do pozíc 1,2 $F_{HR} = 7,10$ kN

$$F_{V,ED} = 3,81 \text{ kN} \leq F_{HR} = 7,10 \text{ kN} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

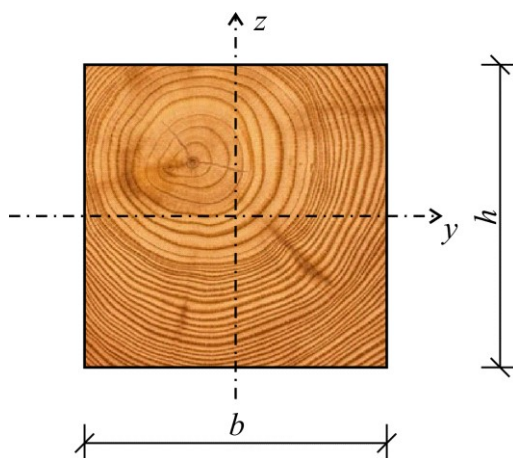
5.9 Priechny trám

Priečny trám je navrhnutý ako spojitý nosník z rastlého dreva C24 prierezu 160/160 mm o jednom poli. Zaťaženie je reakciami od schodníc, stálym a užitným zaťažením podlahy (viď. obr. 5.26).



Obr. 5.26: Statická schéma priečného trámu

Prierezové charakteristiky



Obr. 5.27: Prierez trámu

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,16 \cdot 0,16 = 25,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,16 \cdot 0,16^2 = 6,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

- Výpočet užitého zat'azenia:

Užitné zat'azenie kategórie C – plochy, kde môže dochádzať k zhromažďovaniu ľudí. Počítané podľa normy ČSN EN 1991-1-1 Obecné zat'azenia [5].

- charakteristické zat'azenie $\Rightarrow q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- roznášacia šírka $\Rightarrow 0,25 \text{ m}$

$$q_k = 3,0 \cdot 0,25 = 0,75 \text{ kN/m}$$

Užitné zat'azenie $q_k = 0,75 \text{ kN/m}$.

- Vnútorne sily (vid'. príloha č.11)

$$M_{ED} = 5,43 \text{ kNm}$$

$$V_{ED} = 8,87 \text{ kN}$$

Medzný stav únosnosti

-Únosnosť v ohybe

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = \frac{5,43 \cdot 10^3}{6,83 \cdot 10^{-4}} = 7,95 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 15,36 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- Únosnosť v šmyku

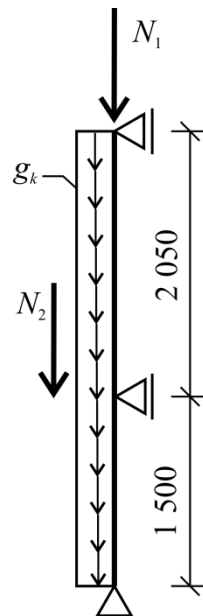
$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 160 = 107,2 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot b_{ef} \cdot h} = \frac{3 \cdot 8,87 \cdot 10^3}{2 \cdot 107,2 \cdot 160} = 0,78 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

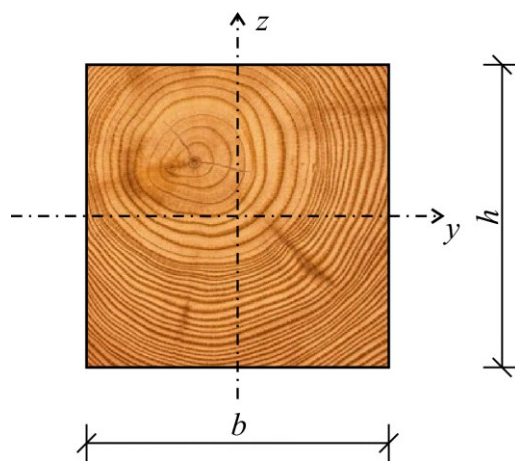
5.10 Stĺp

Stĺp je navrhnutý z rastlého dreva C24 prierezu 160/160 mm, zaťažený reakciami od väzníc, pozdĺžneho a priečneho trámu (vid'. obr. 5.28). Je namáhaný hlavne vzperným tlakom.



Obr. 5.28: Statická schéma stĺpu

- Prierezové charakteristiky



Obr. 5.29: Prierez stĺpu

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 0,16 \cdot 0,16 = 25,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_y = W_z = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,16 \cdot 0,16^2 = 6,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$I_y = I_z = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,16 \cdot 0,16^3 = 5,46 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{5,46 \cdot 10^{-5}}{25,6 \cdot 10^{-3}}} = 46 \text{ mm}$$

- Vnútorne sily (vid' príloha č.12)

$$N_{ED} = 36,78 \text{ kN}$$

Medzný stav únosnosti

- Vzperný tlak

$$L_{cr,z} \cong L_{syst} = 2050 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2050}{46} = 44,57$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{44,57}{\pi} \sqrt{\frac{21}{7400}} = 0,76$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ (pre rastlé drevo)}$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (0,76 - 0,3) + 0,76^2] = 0,83$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,83 + \sqrt{0,83^2 - 0,76^2}} = 0,86$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A} = \frac{36,78 \cdot 10^3}{25,6 \cdot 10^3} = 1,44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,44 \text{ MPa} \leq k_{c,z} \cdot f_{c,0,d} = 0,86 \cdot 12,92 = 11,11 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

6. Ochrana drevených prvkov proti poveternostným vplyvom

Drevo je organický materiál s dobrými statickými a konštrukčnými vlastnosťami, ktoré môžu vyniknúť, pokiaľ sú konštrukcie z dreva dobre navrhnuté a kvalitne prevedené. Neošetrené a nedostatočne chránené drevo podlieha v krátkej dobe zmenám spôsobeným poveternostnými vplyvmi. Poruchy zavinené väčšinou nepriaznivými podmienkami prostredia však môžu podstatne zmeniť fyzikálno-mechanické vlastnosti dreva, čo sa môže prejaviť napríklad znížením únosnosti konštrukcií.

Cieľom ochrany dreva by mala byť snaha obmedziť negatívne pôsobenie okolitého prostredia na drevo na minimum. Informácie k tejto kapitole o ochrane drevených prvkov proti poveternostným vplyvom boli prevzaté z publikácií [1], [8], [10], [11], [14] a [15].

Triedy ohrozenia zabudovaného dreva:

Klasifikácia tried ohrozenia dreva a drevených výrobkov podľa ČSN 49 0600 – 1 z roku 1997:

Trieda ohrozenia 1 – drevo v interiéri stavieb, pod strechou, bez kontaktu so zemou, trvale suché, vlhkosť dreva max. 20 %

Trieda ohrozenia 2 – drevo bez styku so zemou, úplne chránené pred poveternosťou a vylúhovaním vodou, je možné prechodné navlhnutie, vlhkosť dreva občasne vyššia než 20%

Trieda ohrozenia 3 – drevo vystavené vplyvu poveternosti ale bez priameho a trvalého styku so zemou, vlhkosť dreva často vyššia než 20 %

Trieda ohrozenia 4 – drevo v styku so zemou a/alebo sladkou vodou, vlhkosť dreva je trvale vyššia než 20 %

Trieda ohrozenia 5 – drevo v trvalom a priamom styku so slanou vodou – toto riziko sa na našom území nevyskytuje

6.1. Údržba drevostavieb

Ak do drevostavieb vynakladáme financie, určite je dobré vedieť, ako sa správať, aby investícia neprišla nazmar a nepriniesla nakoniec viac starostí, než radosti.

Drevo je možné bezpochyby zaradiť medzi najobľúbenejšie stavebné materiály. Má dlhú tradíciu a je používané aj v súčasnosti. Niet divu, pretože dokáže vytvoriť naozaj útulné a príjemné prostredie a dokonale zapadá do prírody. Je preto logické, že väčšina záhradných stavieb je práve z dreva. Ale aj cez radu predností, ktoré tento stavebný materiál má, je s ním potreba zachádzať tak, aby bol účinne chránený pred všetkými vplyvmi, ktoré skracujú jeho životnosť, poškodzujú jeho funkciu a negatívne menia jeho vzhľad. Je preto nutné sa oň dobre starať, správne ho ochraňovať a udržiavať.

6.2 Abiotické vplyvy

Sú to fyzikálne, predovšetkým poveternostné vplyvy znehodnocujúce drevo. Patrí tu slnečné žiarenie, dážď, mráz, zmena vlhkosti.

Abiotické činitele:

- teplota, nízka – mráz, vysoká - žiarenie
- voda – dážď, sneh, ľad
- slnečné žiarenie – zvýšenie teploty povrchu dreva
- UV žiarenie – farebné zmeny dreva – šednutie

Prírodné vplyvy ako vietor, voda, slnko – slnečné žiarenie a jeho zložka UV žiarenie, pôsobia súčasne a podľa ročného obdobia drevo postupne narušujú. Poškodené drevo je náchylnejšie k napadnutiu biotickými činiteľmi, ako sú drevokazné huby, hmyz, plesne a rastliny.

Drevené konštrukcie a prvky, ktoré sú vystavené vonkajším vplyvom, musia byť detailne vyriešené tak, aby voda mohla z povrchu dreva čo najrýchlejšie odtekať, a aby mohli dobre vysychať.

Pred vplyvom poveternosti sa drevo chráni impregnáciou, nátermi, obkladmi, omietkami a podobne.

6.3 Spôsoby ochrany dreva

Ochranou dreva sú myslené všetky opatrenia, ktoré zabránia poškodenie dreva vplyvom poveternostných vplyvov, drevokazných hub a drevokazného hmyzu, atď.

V priaznivých podmienkach nám drevo môže slúžiť po dlhú dobu, musíme ho ale chrániť pred pôsobením biotických a abiotických činiteľov konštrukčnou ochranou. Tam, kde nie je táto ochrana možná, je vhodné pristúpiť k chemickej ochrane. Chemická ochrana je najznámejšia, ale aj napriek tomu by sme mali k tomuto spôsobu ochrany pristupovať až po vyčerpaní všetkých ostatných možností.

Podľa publikácie [1], spôsoby ochrany je možné rozdeliť na:

- konštrukčnú ochranu dreva (voda, zvýšená vlhkosť);
- chemickú ochranu:
 - proti poveternosti (náterové hmoty bez biocidov);
 - proti biotickým činiteľom (ochranné prostriedky a náterové hmoty s obsahom biocidov);
 - proti ohňu (zníženie reakcie na oheň, požiarne odolnosť);
- iný spôsob ochrany:
 - tepelná úprava dreva - „termodrevo“;
 - sušenie dreva (likvidácia biotických činiteľov);
- ochrana žiarením (mikrovlnné žiarenie, radioizotopy).

Pred použitím dreva, najmä v exteriéri, musíme vyriešiť niekoľko základných otázok:

- aká je prirodzená odolnosť dreva, ktoré chceme použiť – odpoveď nájdeme v ČSN EN 350-2;
- aká je agresivita prostredia, v ktorom sa drevo bude nachádzať (bude v zemi, pod strechou, bez kontaktu so zemou, prevláda leto, zima, atď.);
- bude jeho konštrukčná ochrana dostatočná;

- chceme použiť chemické ochranné prostriedky.

6.4 Konštrukčná ochrana dreva

Súhrn technických a konštrukčných opatrení, ktoré vedú k ochrane dreva pred poveternostnými vplyvmi a možným zvýšením vlhkosti na stavbe, ktorá môže mať za následok rozvoj napríklad drevokazných húb.

- dostatočný presah strechy;
- ochrana stien pri použití dreva – zakrytie čelného dreva, odvetranie obkladu, zakrytie alebo zatmelenie špár;
- ochrana pred striekajúcou vodou (obklad soklu, odvod vody drenážou mimo stavbu);
- ochrana pred stykom so zemou (použitie pätiiek);
- tvarovanie jednotlivých prvkov (zaoblené rohy, malé plochy na ktorých môže stáť voda, atď.);
- správny návrh skladby stien – bez možnosti kondenzácie vody
- používanie vysušeného dreva;

K najčastejším poruchám dochádza vplyvom chýb v konštrukcii – ku kondenzácii, zatekaniu, vplyvom nefunkčnej izolácie, chybné konštrukčnej ochrany, atď. Výrobky na bázi dreva je potrebné chrániť pred vodou a izolovať od vlhkosti. Drevo pokiaľ možno nezabudovávať do zeme, ak áno, tak iba tlakovo impregnované prvky kruhového prierezu bez odstránenej belovej časti, u smreku s performáciou. Pre ostatné stavby je treba drevo umiestniť na pätky aspoň do výšky min. 15 cm.

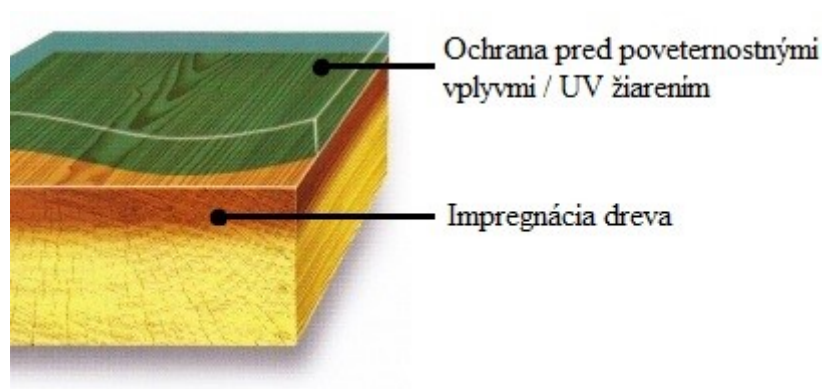
Drevo najmä v exteriéri „pracuje“, mení svoje rozmery v závislosti na okolitých podmienkach. Drevo teda pracuje neustále a rôzne vo všetkých smeroch.

6.5 Nátery na ochranu dreva

Ochranné nátery chránia povrch dreva, ich účelom nie je sanácia (likvidácia škodcov) ani impregnácia (zlepšenie vlastností) dreva. Nátery chránia predovšetkým proti vplyvom poveternosti. Povrch dreva by mal byť opatrený náterom, ktorý má vode odpudivý efekt a ktorý zaistí, že vlhkosť po povrchu stekala a nevsakovala sa. Príslušné

náterové hmoty majú drevo chrániť nielen pred nepriazňou počasia, pod čím zahrňujeme vietor, dážď a sneh, ale tiež pred slnečnými lúčmi, za ktoré sme v podstate radi. Nechránené drevo môže pod vplyvom ultrafialového žiarenia zošednúť. Žiadaného efektu je možné dosiahnuť napríklad lazúrami. Ide o náter s menším obsahom pevných látok, než nájdeme v bežnom transparentnom laku, navyše sú v ňom pigmenty. Lazúry rozdeľujeme podľa sily, ktoré odpovedajú konkrétnym účelom.

Nátery chránia povrch dreva len dočasne, je nutná ich obnova. Drevo trvale vystavené vlhkosti (trieda ohrozenia 4) nátery dostatočne nechránia. Takéto drevo musí byť impregnované.



Obr. 6.1: Vrstvy ochrany dreva (Zdroj: [10])

Funkciou náteru je okrem ochrany dreva vo väčšine prípadov aj vzhľadová a farebná úprava povrchu dreva.



Obr. 6.2: Náter na ochranu dreva (Zdroj: [8])

6.5.1 Silnovrstvé a strednevrstvé lazúry

Významný obsah spojiva, ktoré obsahujú, dokáže na povrchu dreva vytvoriť vrstvu podobnú laku, vďaka ktorej sa k drevu nedostane vlhkosť ani ako vodná para. Priaznivým výsledkom je eliminácia bobtnania a zosychania dreva, ktoré by inak kvôli prirodzenému cyklu príjmu a výdaja vody nevyhnutelne nastali, pretože drevo mení svoj objem podľa obsahu vlhkosti. Ochranná vrstva funguje len dovtedy, než sa poškodí (trhlinami by sa do odhalených častí povrchu dreva začala voda znova vsakovať). Preto je nutné náter obnovovať. Silnovrstvé lazúry budú najviac funkčné hlavne pri ošetrovaní rozmerovo stálych stavebných súčastí ako sú okna, dvere a lepené hranoly. Lazúrovacie laky by nemali byť nanášané bez pigmentov, ktoré sú základom ochrany dreva pred ultrafialovým žiarením. Bezfarebné lazúry nie sú vhodné k ochranným náterom dreva, ktoré je vystavené poveternostným vplyvom. Nechránia drevo pred ultrafialovými lúčmi, takže by nemohli zabrániť šednutiu dreva a ďalším následkom. Preto sa do nich pridávajú rôznofarebné pigmenty. Čím viac hlavne tmavých pigmentov je, tým je menší prienik ultrafialového žiarenia.

6.5.2 Tenkovrstvé lazúry

Hodia sa k ošetrovaniu rozmerovo nepresných prvkov. Tam, kde sa počíta so zmenami objemu dreva. Obsahujú menej spojiva, takže povlak, ktorý vznikne na povrchu ošetrovaného materiálu je tenký a prepúšťa vodnú paru. Tenkostenná lazúra umožňuje tiež aj opačný proces. Aby z dreva vystaveného slnečným lúčom vlhkosť unikala. Paropriepustnosť tenkovrstvých lazúr by nemala brániť drevu v dosiahnutí rovnováhy medzi vlhkosťou a okolným vzduchom. Tenkovrstvé lazúry lepšie a hlbšie preniknú do dreva a neodlupujú sa.

6.5.3 Krycie nátery

Používajú sa tiež k ochrane dreva pred poveternostnými vplyvmi ako je vlhkosť a ultrafialové žiarenie. Rovnako ako silnovrstvé lazúry znižujú schopnosť dreva prijímať a vydávať vlhkosť, a obmedzujú tak jeho prirodzený sklon bobtnať a zosychať.

Môžeme siahnuť po syntetických alebo olejových náteroch, ale musím myslieť na to, že kvôli hrúbke vrstvy, ktorú vytvorí na povrchu dreva, nie sú dokonalo priľnavé a nemusia držať tak dlho, ako by sme potrebovali. Preto budú lepšie olejové trvanlivé

napúšťadla a farby, ktoré sa presne ako lazúra do dreva vsiaknu bez toho, aby potlačovali prirodzenú kresbu materiálu. Pokiaľ ide o skladbu jednotlivých vrstiev náterov, je dobré sa poradiť a čítať návody výrobcov. Platí ale jedna rada týkajúca sa hrúbky vrstvy laku: čím je povrch tvarovo nestabilnejší, tým tenšiu vrstvu laku použite.

Koľko náterových hmôt bude potrebné

Pri výpočte spotreby je potrebné brať v úvahu nielen kvalitu opracovania povrchu, na ktorý budeme prípravok nanášať, ale tiež spôsob aplikácie. Spotreba olejových náterov je zrovnateľná s bežnými typmi lazúr a závisí na hustote dreva. Pokiaľ ide o hobľované a brúsené prvky, tak a výdatnosť na jeden náter pohybuje okolo 10 m²/ l, u silnovrstvých lazúr je to až 14 m²/ l. Na hrubé rezivo je potrebné náterovej hmoty omnoho viac, pretože je savejšie. U napúšťadiel je potreba počítať s výdatnosťou 4 – 6 m²/ l, u lazúr je to 5 – 7 m²/ l.



Obr. 6.3: Zábradlie, ktoré poskytuje ochranu pred dažďom (Zdroj: [8])

6.6 Poškodenie ostatnými vplyvmi

Drevo môže byť poškodzované aj inými než biotickými a abiotickými vplyvmi. S rozvláknením sa najčastejšie stretávame u historických a pamiatkovo chránených objektoch. Dochádza k nemu najčastejšie dlhodobým pôsobením protipožiarnych prípravkov na báze kyseliny boritej a fosfátov. Vplyvom vlhkosti protipožiarne prípravky prenikajú do dreva a narušujú jeho skladbu. Tento proces prebieha pomaly, zatiaľ sa ho nepodarilo zastaviť. K podobným poškodeniam môže dochádzať aj pri použití iných chemických prípravkov, preto je nutné používať chemické prípravky len tam, kde to je nevyhnutné.

7. Záver

Cieľom bakalárskej práce bol návrh dreveného záhradného altánu, jeho konštrukčné riešenie a statická analýza. Návrh bol zrealizovaný podľa platných bezpečnostných a normových požiadaviek. Použitým stavebným materiálom bolo z väčšej časti rastlé drevo, doplnené o lepené lamelové drevo. Na spoje prvkov boli použité oceľové spojovacie prostriedky, tesárske spoje, skrutky a klince.

Výpočet bol uskutočnený po jednotlivých prvkoch a všetky vyhovujú na pôsobenie maximálneho zaťaženia. Výpočet vnútorných síl bol prevedený v študentskej verzii programu Scia Engineer 2014. Z estetických dôvodov sú niektoré prvky predimenzované, aby neboli znateľné rozdiely v ich rozmeroch. Spoje jednotlivých drevených prvkov nepredstavujú nebezpečenstvo, ale je nutná pravidelná kontrola altánu, najmä spojov.

8. Zoznam použitej literatúry

- [1] BAIER, Jiří a Zdeněk TÝN. *Ochrana dřeva*. 5., přeprac. a dopl. vyd., V Gradě 3., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2004, 111 s., [4] s. barev. obr. příl. Profi. ISBN 80-247-9000-9.
- [2] ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Český normalizační institut, 12/2006+Změna A1.
- [3] ČSN EN 1990 *Eurokód 1: Zásady navrhování konstrukcí*. Český normalizační institut, 03/2004
- [4] ČSN EN 1176-1 *Zařízení a povrch dětského hřiště – Část 1-1: Všeobecné bezpečnostní požadavky a zkušební metody*
- [5] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 03/2004.
- [6] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 06/2005.
- [7] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 04/2007.
- [8] *Helios Slovakia, s. r. o.* [online]. 2014 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://www.slnece-farby.sk>
- [9] *Herold* [online]. 2015 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.skluzavky.cz/>
- [10] *Keliwood s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://www.keliwood.cz/>

- [11] KEŠNEROVÁ, Věra a Zdeněk MÜLLEROVÁ. *Ochrana dřeva*. 5., přeprac. a dopl. vyd., V Gradě 3., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2004, 111 s., [4] s. barev. obr. příl. Profi. ISBN 978-80-7366-098-7.
- [12] KRÁL, Martin. *BOVA Březnice spol. s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://bova-nail.cz/>
- [13] *MAKAK CLIMBING S.R.O.* [online]. 2015 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.makak.cz>
- [14] PTÁČEK, Petr. *Ochrana dřeva*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 95 s. ISBN 978-80-247-2326-6.
- [15] ŠTEFKO, Jozef, Ladislav REINPRECHT a Petr KUKLÍK. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. 2. čes. vyd. Překlad Zlatuše Braunšteinová. Bratislava: Jaga, 2009, 196 s. Profi. ISBN 978-80-8076-080-92009.

Zoznam použitého softwaru:

Microsoft Office 2010

AutoCAD 2011

ArchiCAD 2017

Artlantis

CorelDraw Graphics Suite X4

Scia Engineer 2014

9. Zoznam obrázkov

Obr. 2.1: Vizualizácia altánku

Obr. 2.2: Pôdorys krovu

Obr. 4.1: Oblasti vetra

Obr. 5.1: Statická schéma krokve

Obr. 5.2: Prierez krokve

Obr. 5.3: Statická schéma väznice

Obr. 5.4: Prierez väznice

Obr. 5.5: Statická schéma stĺpika

Obr. 5.6: Prierez stĺpika

Obr. 5.7: Statická schéma prievlaku

Obr. 5.8: Prierez prievlaku

Obr. 5.9: Statická schéma priečlí

Obr. 5.10: Prierez priečlí

Obr. 5.11: Statická schéma latí

Obr. 5.12: Prierez latí

Obr. 5.13: Rozloženie vertikálnej sily

Obr. 5.14: Statická schéma podporného nosníka

Obr. 5.15: Prierez nosníka

Obr. 5.16: Statická schéma schod. stupňa

Obr. 5.17: Prierez schod. stupňa

Obr. 5.18: Spoj schod. stupňa ku schodnici

Obr. 5.19: Statická schéma schodnice

Obr. 5.20: Prierez schodnice

Obr. 5.21: Statická schéma pozdĺžneho trámu

Obr. 5.22: Prierez trámu

Obr. 5.23: Strmeň BV/T

Obr. 5.24: Detail strmeňa BV/T – 60

Obr. 5.25: Stanovenie únosnosti klincov F_{HR} podľa počtu klincov

Obr. 5.26: Statická schéma priečneho trámu

Obr. 5.27: Prierez trámu

Obr. 5.28: Statická schéma stĺpu

Obr. 5.29: Prierez stĺpu

Obr. 6.1: Vrstvy ochrany dreva

Obr. 6.2: Náter na ochranu dreva

Obr. 6.3: Zábradlie, ktoré poskytuje ochranu pred dažďom

10. Zoznam príloh

- 1 Krokva – obalové krivky vnútorných síl
- 2 Vážnica – vnútorné sily
- 3 Stĺpik - vnútorné sily
- 4 Prievlak – vnútorné sily
- 5 Priečel – vnútorné sily
- 6 Lat' – vnútorné sily
- 7 Šikmý nosník – vnútorné sily
- 8 Schodišťový stupeň – vnútorné sily
- 9 Schodnica – vnútorné sily
- 10 Trám pozdĺžny – vnútorné sily
- 11 Trám priečny – vnútorné sily
- 12 Stĺp – vnútorné sily
- 13 Lezecké chyty Makak
- 14 Kotevní patka BV – P